云 南 植 物 研 究 2002，24（5）：613～618
Acta Botanica Yunnanica

七子花的繁殖生物学研究*

边才苗，金则新，李钧敏
（浙江台州学院生物系，浙江 临海 317000）

摘要：对国家2级保护植物七子花（*Heptacodium miconioides*）的开花、传粉与结实等繁殖特性进行了研究。结果显示：七子花的花无梗，由多轮紧缩呈头状的聚伞花序组成顶生圆锥花序，多数花序开两轮花（基轮和中轮），少数只开基轮花。自花传粉的比例高，花后4 h的柱头花粉多超过60粒，8 h的柱头可多达142粒，其中近1/3的花粉萌发，少数能到达子房。每个子房仅1枚胚珠可育，其平均结实率为40.6%，上轮花的开花会影响下轮花的结实率，降低幅度可达34.8%，早开花的结实也会影响迟开花的结实。表明七子花的结实率很低，资源限制是影响结实的主要因素。

关键词：七子花；繁殖生物学；自花传粉；资源限制
中图分类号：Q 943 **文献标识码**：A **文章编号**：0253－2700(2002)05－0613－06

A Study on the Reproductive Biology of *Heptacodium miconioides*

BIAN Cai-Miao，JIN Ze-Xin，LI Jun-Min
(*Department of Biology*，*Taizhou College*，Linhai 317000，China)

Abstract：We studied the reproductive biology of *Heptacodium miconioides*，a national protected plant species in China. The results showed that there were no pedicels in the flowers of *Heptacodium miconioides* and terminal panicle was composed of several constrictive capitate cymes. It usually flowered with the basal and middle whorls，and some flowered with only the basal whorl. Self-pollination was high in reproduction. There were over 60 pollens loading on the stigma 4 hours after flowering，and pollens amounted to 142 at most 8 hours after flowering. At least 1/3 pollens germinated and a few of them could reach ovary in which only 1 ovule could develop. The average seed set of developed ovule was 40.6% and the seeding of middle whorl would influence that of basal whorl，its decrease rate was 34.8% and the seeding of basal whorl would influence that of middle whorl. All the results suggested that the seed set in *Heptacodium miconioides* was mainly caused by resource limitation.

Key words：*Heptacodium miconioides*；Reproductive biology；Self-pollination；Resource limitation

七子花（*Heptacodium miconioides* Rehd.）属忍冬科的落叶小乔木，为我国特有的单型属植物（徐炳声，1988），是国家首批2级重点保护植物。产浙江的临安、建德、诸暨、嵊县、新昌、奉化、临海、天台、金华，安徽的泾县、宣城以及湖北的兴县等地。它们多

* 基金项目：浙江省自然科学基金项目（399203）和浙江省教委科研计划项目（19990367）资助
收稿日期：2001－11－26，2002－08－03接受发表
作者简介：边才苗（1963－）男，讲师，主要从事遗传学教学与科研工作。

生于悬崖峭壁、沟谷、山坡灌丛和林下，现资源极少。七子花在研究忍冬科系统发育方面有科学价值，又是优良的观赏树种。一些学者曾对七子花的细胞学（张朝阳等，2000）进行了研究，发现七子花体细胞的染色基数与相关类群都不相同。此外，对分布在浙江省天台山的七子花群落特征（金则新，1998）、种群结构（金则新，1997）等进行了调查，对该群落结构、种群动态以及濒危状况有了初步的认识。造成植物濒危的原因很多，如种子萌发率很低（王诗云等，1995）等，但有性生殖过程是至关重要的原因。目前有关濒危物种保护的繁殖生物学研究已有很多（王迎春等，2000；奇文清等，1997），而七子花的繁殖生物学研究尚未报道。本文对自然状态下七子花的繁殖生物学特性进行了研究，以期探明其开花规律、传粉方式及影响结实的因素，为该物种的保护提供基础性资料。

1 研究地点

自然种群选自浙江省临海市境内的括苍山，地理位置为 28°49′N，120°55′E，属亚热带季风湿润气候，年平均气温 10.5～12.5℃，年降水量 1 700～2 027 mm，山地土壤系腐殖质丰富的黄壤土，主峰米筛浪海拔 1 382.4 m。种群分布地点是离主峰不远的双夹水坑（海拔 950 m）。

2 研究方法

2.1 开花与结实观察

根据七子花的分布特点，设置 2 个样地，在每个样地中分别选择 15 株七子花进行标记，用于观察花的位置和开放状况对结实的影响。其中影响程度用可育胚珠的结实率改变表示，统计种子数以饱满果实含 1 枚种子记数，总果数以每轮为 6 记数，即结实率 = 饱满果实数/统计轮数 × 6。

2.2 花粉的落置与萌发测定

以花瓣微张开时开始计时，切取 0.5、1、2、4、8 和 24 h 共 6 个时间段的柱头及花柱，每阶段各 5 个样品，FAA 固定，8 mol/L NaOH 软化，0.1%水溶性苯胺蓝（0.033 mol/L 的 K_3PO_4 溶液配制）染色，滴加甘油后压片，Olympus 显微镜观察花粉在柱头上的落置、萌发及花粉管在花柱中的生长，选择合适的玻片标本摄影。

2.3 传粉方式检测

选择合适的花序进行以下 7 组处理（表 2）：1）去雄；2）去瓣；3）去雄套袋；4）套纱网袋；5）套布袋；6）同株异花人工授粉；7）异株异花人工授粉。其中去雄在花瓣微开或欲开的花朵上进行；授粉在当日 10:00～11:00，第 2 天补授 1 次；套袋在花柱和柱头干枯后去掉。统计各组处理的结实率（结实率 = 结实数/处理花数），比较相应组处理的结实率，并以自然状态为对照，再借助花粉落置的观察，确定有无风媒传粉和自花传粉（自交）等。

3 结果和分析

3.1 开花与结实的关系

七子花的花无柄，由多轮紧缩呈头状的聚伞花序组成顶生圆锥花序，每轮含 1 对各具 3 朵花的聚伞花序及 1 顶生单花，共 7 朵花，因而得名（徐炳声，1988）。我们观察到的结果与此类似，但顶生物并不是一朵花而是一个小花序。首先，大龄树的圆锥花序除顶生物外，多有 2 轮（6 + 6）花，偶尔还有 3 轮 18 朵花开放，且顶生物为扁圆形结构，横向甚

至比欲开的小花还要大，但纵向比未开小花还要短一些，基部又有一短梗。其次，不少幼龄树上的花序最终仅一轮花开放，但顶生物已形成了 7 朵花（6 + 1）的雏形。

七子花在 5 月抽出花序，6 月中旬显现花蕾，7 月初开花，花期可持续到 8 月底，7 月下旬为盛花期。统计两个时间段不同位置花的结实率（表 1），结果显示：（1）基轮或中轮花为开放的最上轮时，结实率较高，均在 50% 以上；而作为非最上轮的结实率较低，均低于 38.9%。说明上轮花的开放结实会影响下轮（已开）花的结实，其中对基轮的结实影响较大，降低幅度（A2 – A1）分别为 25.3% 和 34.8%。（2）花期较早的大龄树结实率最高的为中轮花（51.8%），而花期较迟的幼龄树结实率最高的为基轮花（53.8%）；且花序中最迟开放的第三轮花的结实率分别为 46.7% 和 41.7%，均低于基轮花或中轮花作为开放最上轮时的结实。说明早开花的结实也会影响迟开花的结实。

表 1　七子花各轮小花的结实率

Table 1　The seed set of flowers on different layer of *Heptacodium miconioides*

开花时期 Date of flower	花的位置 Location of flower	果实数（饱满/预期）No. of fruit (satiation/expect)	结实率 A* seed set A/%	结实率 A1* seed set A1/%	结实率 A2* seed set A2/%
7.10 – 7.30	基轮 basal whorl	58/35 × 6	27.6	24.7	50.0
	中轮 middle whorl	94/31 × 6	50.5	38.9	51.8
	第三轮 third whorl	14/5 × 6	46.7	—	—
7.25 – 8.19	基轮 basal whorl	80/29 × 6	46.0	19.0	53.8
	中轮 middler whorl	17/8 × 6	35.4	27.8	50.0
	第三轮 third whorl	15/6 × 6	41.7	—	—

* A 指一轮花的平均结实率；A1 指为非开放最上轮时花的结实率；A2 指为开放最上轮时花的结实率

* A indicated the average seed set of flowers of one whorl；A1 indicated the seed set of flowers which was not at the upmost whorl；A2 indicated the seed set of flowers which was at the upmost whorl.

3.2　花粉的落置与萌发

3.2.1　**花粉在柱头上的落置**　观察开花后不同时期的柱头，初始（0.5 ~ 1 h）的柱头多无花粉，仅个别有 3 ~ 5 粒；接着，花粉数迅速增加，2 h 的柱头有 20 多粒花粉，4 h 的柱头基本达到饱和，花粉数一般在 60 粒以上，少数柱头花粉数很多，最多（8 h 的柱头）竟达 142 粒。可见七子花的传粉高峰在 9:00 ~ 15:00。

3.2.2　**花粉在柱头上的萌发与生长**　观察开花后 4 h 的柱头，均有约 1/3 的花粉萌发，这比培养条件的萌发率要低一些。花粉萌发后，花粉管沿花柱生长（图 1：C、D）。最初的生长很快，2 h 的柱头偶有萌发的花粉，花粉管长约 16 μm（图 1：A），而到 4 h，花粉管就长到 80 ~ 100 μm。接着，花粉管的生长变缓，8 h 还不到 150 μm，且大多至此停止（图 1：C），24 h 仅有 5 ~ 7 个花粉管长至 170 ~ 190 μm（图 1：D）。这一观察结果表明七子花雌蕊接受的花粉是过量的，其中仅有为数不多的花粉管能到达胚珠，大多数花粉因资源限制不能萌发或萌发后中途夭折。

3.3　传粉方式

七子花的花冠白色鲜艳，有芳香味，花粉三角形或近似球形，直径约 6 ~ 7 μm，且花药开裂后仍粘附于药壁，据此推测七子花为虫媒传粉。实地调查时，我们观察到了蜜蜂（*Apis mellifera*）的背腹式传粉及菜粉蝶（*Pieris rapae*）的来访。但试验结果（表 2）显示，

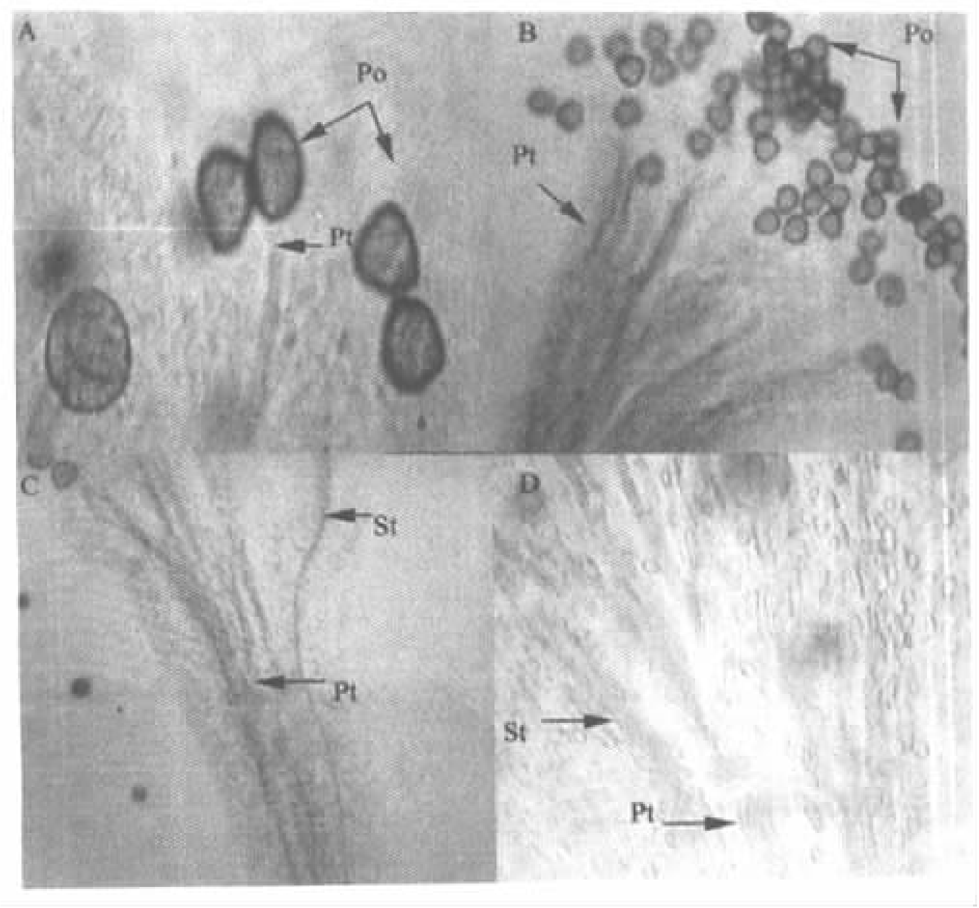

图 1 七子花花粉落置与花粉管生长

Po：花粉粒，pollen；Pt：花粉管，pollen tube；St：花柱，style

A. 花后 2 h，示 16 μm 的花粉管（×100）；B. 花后 8 h，示柱头上的花粉数和萌发状况（×40）；C. 花后 8 h，示大多数花粉管生长的终止部位（×40）；D. 花后 24 h，示继续生长的少数花粉管（×40）

Fig.1 The pollen loading and pollen tube growth of *Heptacodium miconioides*

A. 2 hours after flowering，showing 16 μm pollen tube（×100）；B. 8 hours after flowering，showing the number of pollen on stigmas and the status of germination（×40）；C. 8 hours after flowering，showing the growth stopping place of most pollen tube（×40）；D. 24 hours after flowering，showing the continue growth of few pollen tube（×40）

去雄（1 组）的结实率低，说明昆虫传粉效率低，这与双夹水坑周围传粉昆虫不多相符；去瓣（2 组）的结实数为 1，且并不一定是虫媒传粉的产物，说明吸引昆虫来传粉的是花瓣。没有昆虫传粉（4、5 两组）也可结实，但结实率比自然状态要低些，且各处理枝结实不一致，大多不结实，结实最多的（套袋）有 3 个果实，说明存在借助风力自花传粉的可能性，组 6 的实验结果也支持这一推论。此外，无花粉的（3 组）不结实，说明没有无融合生殖。

比较 6、7 两组试验，自花（同株）授粉与异花（异株）授粉的结实率相差不大，表明七子花不存在自花授粉的限制机制。但两组试验的结实率均比自然状态（最上层）的要

低，可能原因是七子花的花 3 朵簇生，去雄及摘除旁边已开花时，对实验对象有一定的损伤。另外，花粉的落置观察显示，在无昆虫访问过的柱头上，花后 4 h 大多数也有 60 粒花粉，且约 1/3 正常萌发，说明七子花没有明显的花粉限制，自花传粉的比例很高。

表 2　花期不同处理的七子花结实率

Table 2　The seed set of *Heptacodium miconioides* under different treatment

组号 group	处理方法 treatment	处理花数 No. of flowers treated	结实数 No. of seed	结实率 seed set/%
1	去雄 emasculation	16	3	18.8
2	去瓣 perianth removed	16	1	6.3
3	去雄套袋 Islation after emasculation	16	0	0
4	套纱网 flowers netted	8×6	4	8.3
5	套纸袋 flowers bagged	8×6	8	16.6
6	同株异花人工授粉 Artificial geitonogamy	38	10	26.3
7	异株异花人工授粉 Artifical xenogamy	40	12	30.0

4　讨论

植物性配置理论的一个经典问题是两性花植物通常产生比果实（或种子）更多的花（或胚珠），这一现象主要有两种解释：花粉限制和资源限制（Goldman 等，1986；Johston，1991；Stephenson 等，1986）。七子花虽然可育胚珠的结实率较高，平均为 40.6%，最大为 53.8%，但是，七子花的雌蕊是 3 室多胚珠的，仅独居一室的 1 枚可育，因而七子花全部胚珠的最高结实率应小于 10.8%（最大值的 1/5）。更何况大多花序开二轮花，少数花序仅开基轮花，且同一花序中，上轮花的开放结实会降低下轮花的结实，早开花的结实亦会影响迟开花的结实。因而，七子花的实际结实率很低，资源限制是影响开花及结实的主要因素。同时，七子花的传粉密度（花粉在柱头表面的数量）高，且部分花粉萌发后，花粉管能穿过花柱到达胚珠，说明花粉限制并不是影响结实的主要因素。

另外，从花的外观形态上看，七子花为虫媒传粉，实地调查及去瓣试验的结果均可反映了这一点。但套网、套袋试验显示，在没有昆虫传粉时也可结实，且人工去雄后，同株传粉与异株授粉的结实率相差不大，说明七子花没有自花传粉的限制机制。由于七子花林的传粉昆虫不多，自花传粉的比例相对较高，这虽然可以适当提高能育胚珠的结实率，但必然也减弱了种质的更新速度，因此，有可能成为七子花致濒的重要原因之一。

〔参　考　文　献〕

徐炳声主编，1988．中国植物志（72 卷）[M]．北京：科学出版社，108—110

Goldman DA，Willson MF，1986．Sex allocation in functionally hermaphroditic plants：a review and antique [J]．*Bot Rev*，**52**：157—194

Jin ZX（金则新），1998．A study on *Heptacodium miconioides* community in Tiantai Mountains of Zhejiang Province [J]．*Acta Ecologica Sinica*（生态学报），**18**（2）：127—132

Jin ZX（金则新），1999．Studies on distributive pattern of *Heptacodium miconioides* poputation in Tiantai Mountains of Zhejiang Province [J]．*Guihaia*（广西植物），**19**（1）：47—52

Johston MO，1991．Pollen limitation of female reproduction in *Lobelia cardinalis* and *L. siphilitica* [J]．*Ecology*，**72**：1 500—1 503

Qi WQ（齐文清），Feng Y（冯云），Chenzhu XZ（陈朱希昭），*et al*，1997. Studies on the reproductive characteristics of *Cimicifuga nanchuanensis*（Ranunculaceae），an endemic endangered species to China［J］. *Acta Botanica Sinica*（植物学报），**39**（1）：7—10

Stephenson AG，Winsor JA，1986. Lotus corniulaturs regulates offspring quality through selective fruit abortion［J］. *Evolution*，**40**：453—458

Wang SY（王诗云），Xu HZ（徐惠珠），Zhao ZE（赵子恩），*et al*，1995. A study on the conservation of the rare and threatened plants in Hubei and its sorroundings［J］. *Journal of Wuhan Botanical Research*（武汉植物学研究），**13**（4）：354—368

Wang YC（王迎春），Ma H（马虹），Zheng R（征荣），*et al*，2000. Studies on the reproductive characteristics of *Tetraena mongolica* Maxin［J］. *Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica*（西北植物学报），**20**（4）：661—665

Zhang ZY（张朝阳），Gu ZJ（顾志建），Yue ZS（岳中枢），2000. A cytological study of *Heptacodium miconioides*［J］. *Acta Botanica Yunnanica*（云南植物研究），**22**（4）：428—430

* *

《云南植物研究》学报投稿简约

1. **本刊是中国科学院主管的全国性的植物学专业学术刊物，是中国自然科学的核心期刊之一。主要刊登植物学各学科具有创新性或较高学术水平的原始论文和简报；植物学领域的新发现及重大应用价值的新成果快报；结合本人工作，反映本学科重要领域的国内外最新研究进展的综述等。文章要求论点明确、论据可靠、文字精练。研究论文（含图表、文献）不超过** 6 **个印刷页，简报和快报不超过** 3 **个印刷页。**

2. **论文书写顺序：题目、作者姓名、作者单位及所在地邮政编码、摘要（简述研究范围、方法、结果和结论，**300 **字以内）、关键词（**3～8 **个）；英文题目、作者姓名及单位、外文要（另附相应中文）、关键词；正文、致谢、文献、中英文图版说明。简报格式除不附中外文摘要外，其余均同研究论文。论文题目一般在** 20 **个字以内，不用副题。作者只列出主要参加者，投稿时必须附每位作者签字的意见书，文稿应无泄密之处、署名无误，未正式发表和未一稿两投。下文编写格式请参见本刊最新出版的刊物。省部级以上基金资助项目请在文章首页脚注中注明。**

3. **为便于国际交流，欢迎用英文投稿。但英文稿要语法正确、拼写无误，符合英语表达习惯，最好附相应中文稿。英文稿的书写顺序同中文稿，在文前附中文题目、作者及单位署名，中文摘要和关键词。**

4. **来稿文责自负。要做到清稿、定稿。投稿一式两份（含图版）。本刊录用稿需提供修改后定稿的纯文本文件（.** txt**），并附清样** 2 **份，或“北大方正”排版的文件。（来稿中若提供插图文件，线条图分辨率不低于** 300 **线，像片图不低于** 600 **线（不包括图版）），用** E－mail **发至编辑部。**

5. **文中只附必要的图表，图表中文字应与正文一致。图版照片请按** $20 \times 14\ cm^2$ **的版心拼贴。照片要清晰，层次分明，文中插图用描图纸墨绘，墨线要黑，线条均匀，绘制成宽** 26 cm **（排通栏）或** 13 cm **（排半栏），插图另附，在文中用方框标明插图位置（占** 2 **行），在方框下写图题、图注；表插入文中适当位置。图表应写相应的外文。**

6. **应使用法定计量单位。如浓度单位只用** mol/L，mg/L **等；时间单位用** s **（秒），** min **（分），** h **（小时），** d **（天）等；长度单位用** 1 m，2 cm，3 mm，5 μm**；质量单位：** 1 kg，3 mg**；体积单位：** 2 L，5 mL，7 μL **等。**

7. **直接引用的参考文献必须全部列出，不编号，附于文末。未公开发表的资料勿列入（不包括学位论文）。作者应对文献的准确性负责。文献著录按“著者—出版年”制。即在正文引用处，酌情用“吴征镒**（1979）**或（吴征镒，**1979**）的形式；对多著者文献，用（王文采等，**1990**），（**Smith **等，**1981**）的形式。引用同一著者在同一年出版的多篇文献时，出版年后小写字母** a，b，c **等示区别。中文按姓氏笔画为序，外文以姓氏字母为序。**（2）**著者** 3 **人以内的全部著录，**3 **人以上只著录前** 3 **人，后加“等”或“***et al***”。**

〔下转 642 页〕